

受付番号
(事務所で記入)

早稲田大学大学院国際情報通信研究科



博士論文概要

論文題目

Multicasting and Caching for
Information Delivery Services in Wide Area Networks
広域ネットワークにおける情報配信サービス
のためのマルチキャスト及びキャッシングの研究

申請者

朝香 卓也

氏 名

Takuya Asaka

専攻・研究指導
(課程内のみ)

専攻

研究

2000 年 11 月 (委員会受理年月を記入)

近年、通信ネットワークを用いてのテレビ会議やソフトウェア配信等のマルチキャスト情報配信サービス、あるいは WWW や VOD 等のオンデマンド情報配信サービスが注目を集めている。これら情報配信サービスを広域ネットワークにおいて効率よく実現するためには、効率的なマルチキャストルーティングアルゴリズム及び分散キャッシング制御方式が必須である。しかしながら、従来のアルゴリズムや制御方式を広域ネットワークにおいて実現すると、各ノードやサーバへの負荷が高くなり、必ずしもスケーラビリティのあるものではなかった。更には、リアルタイムアプリケーション等に代表されるマルチメディア通信における遅延時間に関する制約や衛星・地上統合ネットワークにおける衛星の広域性・同報性の利用について十分に考慮されていなかった。

本論文では、これら従来のアルゴリズムや制御方式の問題を解決することができるマルチキャストルーティングアルゴリズム及び分散キャッシング制御方式を提案している。マルチキャストルーティングについては、広域ネットワークにおいてスケーラビリティを確保することができる自律分散的なアルゴリズム、スケーラビリティを確保した上で遅延時間制約を考慮したアルゴリズム、更には衛星地上統合ネットワークにおいて衛星の広域性・同報性を考慮したアルゴリズムを提案している。また、分散キャッシングについては、キャッシュサーバの利用効率を低下させることなくキャッシュサーバやネットワークへの負荷を低減することにより、広域ネットワークに適した分散キャッシング制御方式を提案している。

第 1 章では、本研究の目的、マルチキャストとキャッシング技術の概要、関連する従来の研究の紹介、および、本研究の概要を示した。

第 2 章では、広域ネットワークにおける動的マルチキャストルーティング問題に対して、決め打ち探索を用いたマルチキャストルーティングアルゴリズムを提案した。従来の動的マルチキャストルーティングアルゴリズムでは、問い合わせメッセージ数が多い、あるいはツリーコストを小さく抑えることができないといった問題があった。提案アルゴリズムでは、あらかじめ決められ

た探索経路を用いて探索を行うことにより，問い合わせメッセージ数を大幅に少なくでき，かつ低コストのマルチキャストツリーを構成することができる．さらに，本章では提案アルゴリズムと従来のアルゴリズムをシミュレーションによって比較評価し，提案アルゴリズムの有効性を明らかにした．また，提案アルゴリズムを用いた場合の理論的な最大計算量や最悪ツリーコストの評価を行い，従来アルゴリズムに比べて有利であることを明らかにした．

第 3 章では，遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティング問題に対して，あらかじめ各ノードに QoS ラベル値を付与し，その QoS ラベル値に基づいて接続すべきノードおよびパスを決定するラベルアルゴリズムを提案した．従来の遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティングアルゴリズムでは，生成されるツリーにループが発生したり，あるいはループの発生を防ぐためにノードからの新たな参加要求が拒否されてしまうという問題があった．提案するラベルアルゴリズムでは，ソースから各ノードまでの遅延時間を制約値以下に抑え，ループ発生や参加要求拒否の発生も抑制することができ，かつ低コストのマルチキャストツリーを構成することができる．さらに，本章では提案アルゴリズムと従来のアルゴリズムをシミュレーションによって比較評価し，提案アルゴリズムの有効性を示した．

第 4 章では，遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティング問題に対して，決め打ち探索を用いたラベルアルゴリズムを提案した．本アルゴリズムは，第 3 章において提案したラベルアルゴリズムに，第 2 章において提案した決め打ち探索の考え方を適用したアルゴリズムである．決め打ち探索の考え方は，ネットワーク上の各ノードの負荷を大幅に低減することができることから，遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティングを広域ネットワークにおいて行う際のスケーラビリティを確保することができる．さらに，本章では提案アルゴリズムとラベルアルゴリズム，さらには従来のアルゴリズムをシミュレーションによって比較評価し，提案アルゴリズムの有効性を示した．

第 5 章では，衛星地上統合ネットワーク上での，動的マルチキャストルー

0 チングアルゴリズムを提案した。衛星地上統合ネットワークは、衛星同報機能を利用することにより、低コストで大規模なマルチキャストサービスを提供できる。しかし、従来の動的マルチキャストルーティングアルゴリズムでは、衛星による同報を考慮していないため低コストのマルチキャストツリーを構成できないという問題があった。本章で提案するアルゴリズムでは、マルチキャストグループに参加するノード数に応じて適切な経路を選択することにより、低コストのマルチキャストツリーを構成することができる。さらに、
10 本章ではシミュレーションによりその性能を評価し、提案アルゴリズムが従来アルゴリズムに比べて低コストなマルチキャストツリーを構成することを示した。

第 6 章では、広域ネットワーク上において効率的に分散キャッシングを実現するための問い合わせキャッシング方式を提案した。従来の分散キャッシング方式では、キャッシュサーバへの負荷が高くなる、あるいはオブジェクトのダウンロード遅延時間が大きくなるという問題があった。提案方式では、
20 キャッシュサーバ間に適切な問い合わせ関係を構成することにより、数少ない問い合わせメッセージ数で目的とするオブジェクトを発見することができる。本章では、キャッシュサーバ間の問い合わせ関係を構成するためのアルゴリズム、およびそのアルゴリズムを用いて分散キャッシングを実現した場合における問い合わせメッセージ数について従来方式と比較を行い、提案方式が有効であることを示した。

第 7 章では、第 6 章で提案した問い合わせキャッシング方式を拡張したハッシュ関数を用いた問い合わせキャッシング方式を提案した。提案方式では、ハッシュ関数を用いて問い合わせ先キャッシュサーバを決定することにより、
30 1 回の問い合わせで目的とするオブジェクトを発見することができる。さらに本章では、提案方式が従来方式に比べてキャッシュサーバへの負荷が低減され、ダウンロード遅延時間が短縮されることを解析モデルを用いて示した。

最後に、第 8 章では本論文で得られた結果をまとめ、今後の研究の方向性について考察した。

研 究 業 績

記入例を参考にして、論文、講演、著書その他の種類別・新しい年代順に3ページ以内で記入してください。

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者(申請者含む)
○論文	[1] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "Label Algorithm for Delay-constrained Dynamic Multicast Routing," IEICE Transactions on Communications. (掲載予定)
○論文	[2] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "Dynamic Multicast Routing Algorithm using Predetermined Path Search," IEICE Transactions on Communications, Vol.E83-B, No.5, pp.1128-1135, 2000.
○論文	[3] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "Virtual-Cost-based Algorithm for Dynamic Multicast Routing in Satellite-terrestrial Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol.E83-B, No.3, pp.680-689, 2000.
○論文	[4] Takuya Asaka, Hiroyoshi Miwa, and Yoshiaki Tanaka, "Hash-based Query Caching Method for Distributed Web Caching in Wide Area Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol.E82-B, No.6, pp.907-914, 1999.
○論文	[5] Takuya Asaka and Hiroyoshi Miwa, "Query Caching Method for Distributed Web Caching," IEICE Transactions on Communications, Vol.E81-B, No.10, pp.1931-1935, 1998.
講演	[1] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "A New Algorithm for Delay-constrained Dynamic Multicast Routing," IEEE European Conference on Universal Multiservice Networks, October 2000.
講演	[2] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "New Distributed Algorithm for Dynamic Multicast Routing," Networking 2000, pp.835-846, May 2000.
講演	[3] Takuya Asaka, Takumi Miyoshi, and Yoshiaki Tanaka, "Dynamic Multicast Routing Algorithm in Satellite-terrestrial Networks," Fifth Asia-Pacific Conference on Communications and Forth Optoelectronics and Communications Conference, pp.768-772, October 1999.
講演	[4] Takuya Asaka, Hiroyoshi Miwa, and Yoshiaki Tanaka, "Distributed Web Caching using Hash-based Query Caching Method," 1999 IEEE International Conference on Control Applications and IEEE International Symposium on Computer Aided Control System Design, pp.1620-1625, August 1999.

研 究 業 績

記入例を参考にして、論文、講演、著書その他の種類別・新しい年代順に3ページ以内で記入してください。

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者(申請者含む)
講演	[5] 朝香卓也, 三好匠, 田中良明, "遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティングのためのラベルアルゴリズム," 2000 年電子情報通信学会総合大会, 2000 年 3 月.
講演	[6] 朝香卓也, 三好匠, 田中良明, "ラベル付与による遅延時間制約付き動的マルチキャストルーティング," 電子情報通信学会総合大会交換システム・情報ネットワーク・通信方式共催研究会, 2000 年 3 月.
講演	[7] 朝香卓也, 三好匠, 田中良明, "決め打ち探索を用いた動的マルチキャストルーティングアルゴリズム," 電子情報通信学会交換システム・情報ネットワーク・通信方式共催研究会, 1999 年 9 月.
講演	[8] 朝香卓也, 三好匠, 田中良明, "決め打ち探索を用いた動的マルチキャストルーティング," 1999 年電子情報通信学会ソサエティ大会, 1999 年 9 月.
講演	[9] 朝香卓也, 三好匠, 田中良明, "衛星地上統合ネットワークのための動的マルチキャストルーティング," 1999 年電子情報通信学会総合大会, 1999 年 3 月.
講演	[10] 朝香卓也, 已波弘佳, 田中良明, "分散 Web キャッシングのためのハッシュ関数を用いた問い合わせキャッシング方式," 電子情報通信学会テレコミュニケーションマネジメント研究会ワークショップ, 1999 年 3 月.
講演	[11] 已波弘佳, 朝香卓也, "WWW 協調型キャッシュサーバネットワークのためのハイパーキャッシング方式," 1997 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 1997 年 9 月.
講演	[12] 朝香卓也, 已波弘佳, "分散キャッシュサーバのための問い合わせ関係構成," 1997 年オペレーションズリサーチ学会秋季発表会, September 1997 年 9 月.
講演	[13] 朝香卓也, 已波弘佳, "分散キャッシングのための問い合わせ関係グラフ構成法," SSOR, 1997 年 8 月.
講演	[14] 朝香卓也, "WWW 協調型キャッシュサーバネットワークのための問い合わせキャッシング方式," 1997 年電子情報通信学会総合大会, 1997 年 4 月.
その他 (論文)	[1] Kenichi Mase, Takuya Asaka, Yoshiaki Tanaka and Hideyoshi Tominaga, "Contents-Delivery Systems using Satellite and Terrestrial Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol. E81-B, No. 11, pp. 2041-2047, 1998.
(論文)	[2] 朝香卓也, 川原亮一, 小沢利久, "最低スループット保証に適した開ループ型ATM転送方式の評価," 電子情報通信学会誌, Vol. J81-B-I, No. 11, pp. 731-740, 1998.
(論文)	[3] Toshihisa Ozawa and Takuya Asaka, "Analysis of a Dynamic Assignment Queueing Model with Periodic Arrival Process" Journal

研 究 業 績

記入例を参考にして、論文、講演、著書その他の種別・新しい年代順に3ページ以内で記入してください。

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	of the Operations Research Society of Japan, Vol. 41, No.2, June 1998.
(論文)	[4]Takumi Kimura and Takuya Asaka, "Leaky-Bucket-with-Gate Algorithm for Connection-Setup Congestion Control in Multimedia Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol.E80-B, No.3, 1997.
(論文)	[5]Ryoichi Kawahara, Takuya Asaka, and Shuichi Sumita, "Overload Control for the Intelligent Network and Its Analysis by Simulation," IEICE Transactions on Communications, Vol.E78-B, No.4, pp.494-502, 1995.
(論文)	[6]Hiroshi Saito and Takuya Asaka, "Traffic Aspects of Personal Telecommunications in Intelligent Networks," Computer Networks and ISDN Systems, Vol. 26, No.9, pp.1089-1099, 1994.
(講演)	[1]Takumi Miyoshi, Kagemasa Mouri, Takuya Asaka and Yoshiaki Tanaka, "Robust Topology for Enterprise Networks against Diverse Tariff Structure," IEEE European Conference on Universal Multiservice Networks, October 2000.
(講演)	[2]Takuya Asaka and Toshihisa Ozawa, "New Service Provisioning using Utility Function Declaration for Multimedia Networks," Networld+Interop '97 IEEE Engineer Conference, April 1997.
(講演)	[3]Kenichi Mase, Takuya Asaka, Yoshiaki Tanaka, and Hideyoshi Tominaga, "Contents-Delivery Systems using Satellite and Terrestrial Networks," 8th International Telecommunication Network Planing Symposium, pp.477-482, October 1998.
(講演)	[4]Ryoichi Kawahara and Takuya Asaka, "Overload Control for the Intelligent Network based on Estimation of Maximum Number in a Node," IEEE Intelligent Network Workshop, Vol.1, 1.3.1, April 1996.
(講演)	[5]Takumi Kimura and Takuya Asaka, "Leaky-Bucket-with-Gate Algorithm for Connection-Setup Congestion Control in Multimedia Networks," The fourth International Conference on Telecommunication Systems, pp.509-516, May 1996.
(講演)	[6]Takuya Asaka, Ryoichi Kawahara, and Shuichi Sumita, "Overload Control for Advanced Intelligent Network and its Analysis by Simulation," Fifth IEEE International Workshop on Computer-Aided Modeling, Analysis, and Design of Communication Links and Networks (CAMAD'94), pp.342-345, October 1994.
(講演)	上記の他 28件
(特許)	20 件